

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-047965

(43)Date of publication of application : 23.02.1999

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

B23K 26/00

B23K 26/00

B23K 26/06

(21)Application number : 09-184019

(71)Applicant : KOMATSU LTD

(22)Date of filing : 09.07.1997

(72)Inventor : OTA KAZUO

(30)Priority

Priority number : 09138634

Priority date : 28.05.1997

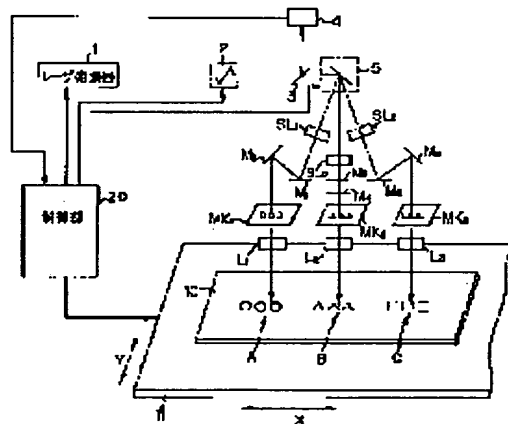
Priority country : JP

## (54) LASER BEAM MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable high precision laser machining which is controlled so as not to be affected thermally while the machining speed is maintained as high as possible.

SOLUTION: The laser beam machine is such that it machines plural different machining parts A, B, C of a work 10 and that it is equipped with a laser generator 1 generating laser beam, a laser beam scanner 5 for deflecting a laser beam so that the plural different machining parts are successively irradiated with the laser beam, a means for preliminarily setting a laser irradiation time per one machining on one part of the work 10, and a controller 20 for controlling the laser beam scanner for the purpose of successively moving the machining parts in time-division manner so that the laser irradiation time per one machining on each part does not exceed the preset time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The laser oscillation machine which is laser-beam-machining equipment into which the processing part where the plurality of a work piece differs is processed, and generates a laser beam, A laser beam scanner means to deflect a laser beam so that the sequential exposure of the laser beam generated from this laser oscillation machine may be carried out in the processing part where the plurality on said work piece differs, An irradiation time setting means by which the laser radiation time amount per [ to one processing part on said work piece ] processing is set up beforehand, Laser-beam-machining equipment characterized by having the control means which controls said laser beam scanner means in order to carry out the sequential shift of said processing part in time sharing so that the laser radiation time amount in the case of one processing to each processing part may not exceed said setting irradiation time.

[Claim 2] It is laser-beam-machining equipment according to claim 2 switched to a said shutter means cutoff-in case of shift of processing part have further shutter means which is arranged between said laser oscillation machine and laser beam scanner means, and switches passage/cutoff of laser beam by which incidence was carried out, and according [ said control means ] to said laser beam scanner means-side.

[Claim 3] It is laser-beam-machining equipment according to claim 2 which is further equipped with a laser beam output detection means to detect the output energy of the laser beam after said shutter means passage, and will start shift of the processing part by said laser beam scanner means if said control means becomes smaller than the set point predetermined in this detected output energy.

[Claim 4] It is laser-beam-machining equipment according to claim 1 which said laser oscillation machine generates pulse laser light, and the continuation shots per hour per [ to one processing part on a work piece ] processing is set to said irradiation time setting means, and controls said laser beam scanner means so that said control means may carry out the sequential shift of said processing part in time sharing so that the laser shots per hour in the case of one processing to each processing part may not exceed said setting shots per hour.

[Claim 5] Said control means is laser-beam-machining equipment according to claim 1 which controls the method of two or more cycle repeat \*\*\*\* aforementioned laser beam scanner means for the processing which performs laser radiation of every said setting irradiation time to each processing part in order of predetermined [ which was set up beforehand ].

[Claim 6] The mask formed so that the optical passage hole of the configuration from which it is arranged in the laser beam on the street between said work piece and a laser beam scanner means, and plurality differs, or magnitude might be arranged in on the same periphery, Laser-beam-machining equipment according to claim 1 further equipped with the rotation driving means which the rotation drive of this mask is carried out [ driving means ] a core [ the core of said periphery ], and locates one of said two or more of the optical passage holes in said laser beam on the street.

[Claim 7] The sheet-like mask formed so that the optical passage hole of the configuration from which it is arranged in the laser beam on the street between said work piece and a laser beam scanner means, and plurality differs, or magnitude might be put in order in the direction of a

single dimension, Laser-beam-machining equipment according to claim 8 further equipped with a slide means to carry out slide migration of this sheet-like mask in the direction in which said optical passage hole was installed side by side, and to locate one of said two or more of the optical passage holes in said laser beam on the street.

[Claim 8] While the laser oscillation machine which is laser-beam-machining equipment into which the processing part where the plurality of a work piece differs is processed, and generates a laser beam, and said work piece are laid so that the sequential exposure of the laser beam generated from said laser oscillation machine may be carried out in the processing part where the plurality on said work piece differs A movable migration stage, An irradiation time setting means by which the laser radiation time amount per [ to one processing part on said work piece ] processing is set up beforehand, Laser-beam-machining equipment characterized by having the control means which carries out migration control of said migration stage in order to carry out the sequential shift of said processing part in time sharing so that the laser radiation time amount in the case of one processing to each processing part may not exceed said setting irradiation time.

[Claim 9] It is laser-beam-machining equipment according to claim 8 switched to a said shutter means cutoff-in case of shift of processing part have further shutter means which is arranged between said laser oscillation machine and work pieces, and switches passage/cutoff of laser beam by which incidence was carried out, and according [ said control means ] to said migration stage-side.

[Claim 10] It is laser-beam-machining equipment according to claim 9 which is further equipped with a laser beam output detection means to detect the output energy of the laser beam after said shutter means passage, and will start shift of the processing part by said migration stage if said control means becomes smaller than the set point predetermined in this detected output energy.

[Claim 11] It is laser-beam-machining equipment according to claim 8 which said laser oscillation machine generates pulse laser light, and the continuation shots per hour per [ to one processing part on a work piece ] processing is set to said irradiation time setting means, and carries out migration control of said migration stage so that said control means may carry out the sequential shift of said processing part in time sharing so that the laser shots per hour in the case of one processing to each processing part may not exceed said setting shots per hour.

[Claim 12] Said control means is laser-beam-machining equipment according to claim 8 which carries out migration control of the method of two or more cycle repeat \*\*\*\* aforementioned migration stage for the processing which performs laser radiation of every said setting irradiation time to each processing part in order of predetermined [ which was set up beforehand ].

[Claim 13] The mask formed so that the optical passage hole of the configuration from which it is arranged in the laser beam on the street between said laser oscillation machines and work pieces, and plurality differs, or magnitude might be arranged in on the same periphery, Laser-beam-machining equipment according to claim 8 further equipped with the rotation driving means which the rotation drive of this mask is carried out [ driving means ] a core [ the core of said periphery ], and locates one of said two or more of the optical passage holes in said laser beam on the street.

[Claim 14] The sheet-like mask formed so that the optical passage hole of the configuration from which it is arranged in the laser beam on the street between said laser oscillation machines and work pieces, and plurality differs, or magnitude might be put in order in the direction of a single dimension, Laser-beam-machining equipment according to claim 8 further equipped with a slide means to carry out slide migration of this sheet-like mask in the direction in which said optical passage hole was installed side by side, and to locate one of said two or more of the optical passage holes in said laser beam on the street.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the amelioration for inhibiting the fall of the process tolerance under the effect of the heat at the time of processing especially about the laser-beam-machining equipment which performs laser beam machining, such as drilling and cutting, to polymeric materials, the ceramics, composite material, etc. using a laser beam.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although many infrared light laser, such as a CO2 laser, is usually conventionally used for laser beam machining, such as drilling and cutting, cutting by this infrared light laser heats the cutting section, since it is evaporation or a cutting process which carries out melting, the thermal metamorphism of the cutting section circumference and heat deformation are not avoided, but there is a limitation also in process tolerance.

[0003] Instead of this, drilling and cutting processing using UV laser beams (ultraviolet laser light), such as excimer laser and a higher harmonic of an YAG laser, attract attention these days.

[0004] Laser beam cutting by this UV laser beam is cold cutting which does not use a laser beam as heat energy, but sympathizes with laser wavelength, and cuts association by photochemical reaction. For this reason, this laser beam cutting is ideal highly precise cutting which has neither a thermal effect nor heat deformation theoretically. It is said that especially excimer laser is suitable for drilling, such as polymeric materials, ceramics, and composite material, and cutting.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the laser-beam-machining equipment using such a UV light, when it operated by raising the repeat frequency (oscillation frequency) of a pulse oscillation to near the highest frequency of several 100 HZ extent, a thermal effect which was seen by processing by the above-mentioned infrared light laser occurred, and the problem of reducing process tolerance remarkably occurred. Evaporation of a work material like [ in infrared processing of the case of UV laser beam processing ] occurs, and this cause is considered to be because for the heating molecule of this work material that evaporated to adhere again on the surface of a work material as cutting and drilling advance, when the repeat frequency of a pulse oscillation is raised.

[0006] Thus, since he was trying to irradiate UV pulse laser light continuously to one processing part until drilling and cutting were completed, when UV pulse laser light performed drilling, cutting, etc., and it was going to raise the repeat frequency of pulse laser light and was going to raise working speed in the conventional technique, a thermal effect which was seen by infrared light laser beam machining occurred, and there was a problem of reducing process tolerance remarkably.

[0007] Although how to stop a laser beam exposure periodically can be considered in order to make this problem solve, it is not clear anymore whether the frequency tended to be repeatedly raised in this for what purpose, and it was going to raise working speed.

[0008] This invention was made in view of such the actual condition, and it aims at offering the

laser-beam-machining equipment which can make highly precise laser beam machining which suppressed the effect of heat, maintaining working speed at a high speed as much as possible.  
[0009]

[Means for Solving the Problem and its Function and Effect] The laser oscillation machine which is laser-beam-machining equipment into which the processing part where the plurality of a work piece differs is processed in the 1st invention, and generates a laser beam, A laser beam scanner means to deflect a laser beam so that the sequential exposure of the laser beam generated from this laser oscillation machine may be carried out in the processing part where the plurality on said work piece differs, An irradiation time setting means by which the laser radiation time amount per [ to one processing part on said work piece ] processing is set up beforehand, He is trying to have the control means which controls said laser beam scanner means in order to carry out the sequential shift of said processing part in time sharing so that the laser radiation time amount in the case of one processing to each processing part may not exceed said setting irradiation time.

[0010] In the 1st starting invention, it is made to carry out the sequential shift of said processing part in time sharing so that the laser radiation time amount in the case of one processing to each processing part may not exceed the setting irradiation time set up beforehand. That is, after performing laser radiation by said setting irradiation time to the processing part concerned, laser radiation is performed by said setting irradiation time once [ at least ] to other exposure parts, and the laser radiation to the exposure part concerned is made to resume after this.

[0011] Therefore, in this invention, since it was made to make the laser radiation to the processing part concerned resume after it made the processing part shift to other parts and temperature fell before the effect of the heat by laser continuous irradiation occurred in the processing part concerned, the effect of heat distortion of a work piece can be suppressed without reducing laser working speed, and, thereby, a high speed and highly precise laser beam machining can be made.

[0012] Moreover, while the laser oscillation machine which is laser-beam-machining equipment into which the processing part where the plurality of a work piece differs is processed in the 2nd invention, and generates a laser beam, and said work piece are laid So that the sequential exposure of the laser beam generated from said laser oscillation machine may be carried out in the processing part where the plurality on said work piece differs A movable migration stage, An irradiation time setting means by which the laser radiation time amount per [ to one processing part on said work piece ] processing is set up beforehand, It had the control means which carries out migration control of said migration stage in order to have carried out the sequential shift of said processing part in time sharing so that the laser radiation time amount in the case of one processing to each processing part may not exceed said setting irradiation time.

[0013] He replaces with the laser beam scanner of the 1st previous invention, and is trying to move a processing part by migration of the work piece by this migration stage in this 2nd invention using a migration stage.

[0014] Therefore, also in this 2nd invention, the effect of heat distortion of a work piece can be suppressed without reducing laser working speed, and a high speed and highly precise laser beam machining can be made now.

[0015]

[Embodiment of the Invention] The example of this invention is explained to a detail according to an accompanying drawing below.

[0016] The 1st example of this invention is shown in drawing 1 .

[0017] The laser-beam-machining equipment of this 1st example performs drilling processing to work pieces, such as polymeric materials, ceramics, and composite material, using excimer laser light.

[0018] In drawing 1 , incidence of the excimer pulse laser light generated from the laser head 1 of a excimer laser oscillator is carried out to a beam splitter 3 via the shutter 2 which makes a laser beam pass / intercept. A shutter 2 consists of shutters which switch passage/cutoff of the laser beam using a galvanometer or a piezoelectric device, and switches closing motion of an optical path on number msec level.

[0019] Incidence of some laser beams sampled by the beam splitter 3 is carried out to the laser output sensor 4. The laser output sensor 4 consists of photo detectors, and inputs the output into a control section 20. A control section 20 measures the output energy E of each pulse of the pulse laser light by which outgoing radiation was carried out based on this light-receiving output.

[0020] The deviation scan of that optical path is carried out so that the sequential exposure of the laser beam by which incidence of the laser beam which passed the beam splitter 3 was carried out to the laser scanner 5, and incidence was carried out with this laser scanner 5 may be carried out in the processing part (in this case, three processing parts A, B, and C) where the plurality on a work piece 10 differs.

[0021] The device which carries out the rotation drive of the deviation mirror, using a galvanometer or a piezoelectric device as this laser scanner 5 is adopted, and carries out the deviation scan of the laser beam by which incidence was carried out in the direction of arbitration at a high speed.

[0022] On each optical path deflected with the laser scanner 5 (in this case, three optical paths), slits SL1-SL3, the scanner mirrors M1-M6, and the masks MK1-MK3 for beam shaping (aperture) with which the processing pattern and the mask pattern of an analog were formed are matched with lenses L1-L3, and a laser beam is irradiated by the work piece 10 via these. The location of these scanner mirrors M1-M6, the masks MK1-MK3 for beam shaping (aperture), and lenses L1-L3 and an include angle can be finely tuned now by the control section 20.

[0023] A work piece 10 is laid on the processing table 11 movable in the XY direction, and drilling processing is carried out by the laser beam by which incidence was carried out.

[0024] A control section 20 performs the location of the deactivation of the laser oscillation machine 1, closing motion of a shutter 2, laser scan control of the laser scanner 5, migration control of the processing table 11, the scanner mirrors M1-M6, the masks MK1-MK for beam shaping (aperture), and lenses L1-L3, fine-tuning control of an include angle, etc.

[0025] In case a hole is formed in three processing parts A, B, and C which drawing 1 shows, he is trying to eliminate the bad influence of heat in this configuration, by carrying out time-sharing distribution and irradiating pulse laser light with the laser scanner 5, in three processing parts A, B, and C at a work piece 10, as shown in drawing 2.

[0026] That is, in drawing 2, the laser shots per hour qc which carries out continuous irradiation in one processing part in the case of one processing (a part for 1 cycle) is set up beforehand. This laser shots per hour qc is set as the number which the effect of the heat mentioned above even if it carried out continuous irradiation of a laser beam to one processing part does not generate, and forms a perfect hole in one processing part by repeating the laser radiation to which this 1 cycle changes from qc individual multiple times (a part for n cycle). Therefore, all laser shots-per-hour Qt to one processing part serves as n-qc.

[0027] That is, after only qc individual carries out [ as opposed to / first / at drawing 2 / the processing part A ] continuous irradiation of the pulse laser light, then moving a processing part to B with the laser scanner 5, and only qc individual's carrying out continuous irradiation of the pulse laser light and completing this, a processing part is further moved to C with the laser scanner 5, and only qc individual carries out continuous irradiation of the pulse laser light. The 1st processing cycle is completed now. And a hole is formed in three processing parts A, B, and C by repeating such a processing cycle n times.

[0028] Hereafter, the operations sequence of a control section 20 at the time of performing the above-mentioned drilling laser beam machining is explained more to a detail with reference to the flow chart of drawing 3, and the timing diagram of drawing 4 R> 4.

[0029] First, in advance of a start up, each following parameter is set as a control section 20 (step 100).

[0030] - laser shots-per-hour qc, processing mark jc, and processing cycle severaln per [ to the processing part of f.1 oscillation frequencies (repeat frequency) of a pulse oscillation of the desired value E and the laser oscillation machine 1 of the oscillation energy of each pulse of the laser oscillation machine 1 ] processing -- in this case The oscillation frequency f was set to the highest frequency which can be oscillated with the laser oscillation vessel 1 concerned, for

example, 500HZ(s), and the effect of heat had occurred in the conventional technique on the occasion of processing in such high frequency.

[0031] Among the above-mentioned parameters, the processing mark jc show the number of processing parts, and after the above-mentioned setup which is  $jc=3$  is completed in this case, a control section 20 sets variable-parameter j showing a processing location to  $j=1$ , after making a shutter 2 close (step 110) (step 120). In addition, suppose that  $j=1$  corresponds to the processing part A,  $j=2$  corresponds to the processing part B, and  $j=3$  corresponds to the processing part C.

[0032] Next, a control section 20 gives a command to a scanner 5 so that a laser beam may be irradiated by the 1st processing part A. Thereby, a scanner 5 is driven (refer to drawing 4 (c)), and after positioning corresponding to the given command is completed, a signal in position is returned to a control section 20 (steps 130 and 140).

[0033] If this signal in position is received, after a control section 20 will make open the shutter 2 which suited the closed state (refer to drawing 4 R> 4 (d)), it starts the laser oscillation machine 1 and makes a pulse laser oscillation start (refer to steps 150 and 160 and drawing 4 (a)).

[0034] Consequently, pulse laser light will be irradiated to the 1st processing part A of a work piece 10, and drilling processing to the 1st processing part A is started (refer to drawing 4 (b)).

[0035] In a control section 20, by being made to carry out counting of the laser shots per hour after a shutter 2 becomes open, for example based on the output of the laser output sensor (photo detector) 4, and comparing these enumerated data with the setting shot numeric value qc, continuous irradiation of the pulse laser light is carried out to the 1st processing part A of a work piece 10 until enumerated data are in agreement with the setting shot numeric value qc (steps 170 and 180).

[0036] On the other hand, if said enumerated data reach the setting shots per hour qc, a control section 20 will start the processing which makes the shutter 2 in an open condition close. Under the present circumstances, if a shutter 2 becomes close till the place which can intercept a laser beam to the energy level which does not have effect in processing even if a shutter 2 does not become close completely, it enables it to make high-speed laser beam machining more in this example, as the scanning actuation to the next processing part with the laser scanner 5 is started immediately.

[0037] For this reason, when laser output energy is [ the laser output energy detected by the laser output sensor 4 ] less than the set point as compared with the predetermined set point E, he is trying for a control section 20 to start the scanning actuation to the next processing part with the laser scanner 5.

[0038] The average Eav of pulse energy value  $E_i-E_{i+m}$  of m pulse  $P_i-P_{i+m}$  is calculated using the output of the laser output sensor 4, and when this value Eav turns into below the predetermined set point Ec, he is trying to start the scanning actuation to the next processing part in this case, since there is dispersion in the one-piece pulse energy value E of one piece (step 200).

[0039] Next, if  $E_{av} \leq E_c$  is materialized, after a control section's 20 carrying out variable-parameter j showing a processing location +one and making it 2, this variable-parameter j will judge whether said set-up processing mark jc (in this case, 3) were exceeded (steps 210 and 220).

[0040] the case where it is  $j \leq jc$  in step 220 -- the processing cycle concerned -- setting -- all processing parts -- since laser radiation termination will have been carried out, a control section 20 gives a command to the laser scanner 5 so that a processing part may be moved to the next j-th processing part (in this case, the 2nd processing part B) (refer to drawing 4 (c)).

[0041] the procedure of step 140 - step 230 is repeated twice [ more ] like the following -- the 2nd processing part B of a work piece 10, and the 3rd processing part C -- receiving -- pulsed light -- respectively -- every [ setting shots-per-hour qc ] -- laser radiation will be carried out.

[0042] The laser radiation of the 1st processing cycle is completed above.

[0043] Since it will be set to  $j=4$  if variable-parameter j is carried out +one at step 210 after the laser radiation to the 3rd processing part C of the 1st processing cycle is completed,  $j > jc$  is



materialized at step 220. Therefore, a procedure shifts to step 240 next in this case.

[0044] In step 240, it is judged whether the number of processing cycles reached the set point n.

[0045] At a present stage, since the 1st processing cycle was only completed, a procedure shifts to step 120, and the laser scanner 5 is scanned so that laser may be again irradiated by the 1st processing part A (step 130). the procedure of step 140 - step 230 is repeated 3 times like the following -- the 1st processing part A of a work piece 10, the 2nd processing part B, and the 3rd processing part C -- receiving -- pulsed light -- respectively -- every [ setting shots-per-hour qc ] -- the 2nd processing cycle by which laser radiation is carried out is performed.

[0046] And a predetermined hole is formed by such a processing cycle being repeated n times to the 1st processing part A of a work piece 10, the 2nd processing part B, and the 3rd processing part C.

[0047] After n times of such processing cycles are completed (step 240), a shutter 2 is made close by the control section 20, and laser oscillation is stopped. Moreover, when other processing parts exist on a work piece 10, the processing table 11 is moved and the again same actuation as the above-mentioned is performed.

[0048] In addition, the closing motion velocity diagram of a shutter 2 enables it to adjust the rise time, a fall time, etc. to arbitration according to processing conditions, such as a processing ingredient and the processing depth, as shown in drawing 4 (d).

[0049] Thus, in this 1st example, since it was made to perform processing which distributed the processing part to time sharing so that the continuation shots per hour to one processing part might not exceed the predetermined set point qc, the bad influence of the heat generated when long duration continuous irradiation of the ultraviolet-rays excimer laser light is carried out on a high repeat frequency can be inhibited, and highly precise laser beam machining can be made.

[0050] The 2nd example of this invention is shown in drawing 5.

[0051] He is trying to transform the configuration of the optical system allotted all over the laser beam way from a scanner 5 to a work piece 10 in this 2nd example.

[0052] That is, the masks MK1-MK3 for beam shaping allot first, the scanner mirrors M1-M6 allot that latter part, and he is trying to arrange the Ftheta lens 30 which carries out image formation possible [ of the laser beam ] to the work-piece location which is proportional to the deflecting angle of an incidence laser beam in that latter part further on each optical path deflected with the laser scanner 5 (in this case, three optical paths).

[0053] Also in this example, as laser beam machining which distributed the processing part to time sharing is performed like the 1st previous example so that the continuation shots per hour to one processing part may not exceed the predetermined set point qc, it is made to perform highly precise laser beam machining which inhibited the effect of heat.

[0054] The 3rd example of this invention is shown in drawing 6.

[0055] He does not scan a laser beam with the laser scanner 5, but is trying to move the laser radiation location to a work piece 10 like a previous example in this 3rd example by carrying out two-dimensional migration of the processing stage 11 in the XY direction.

[0056] In drawing 6, the excimer pulse laser light generated from the laser head 1 of a excimer laser oscillator is irradiated by the work piece 10 on the processing stage 11 through a shutter 2, a beam splitter 3, the deviation mirror 40, the mask MK for beam shaping, and a lens 41.

[0057] In this case, to the work piece 10, it has four processing part A-D.

[0058] Drawing 7 shows the laser-beam-machining procedure by this 3rd example, and has substituted steps 135 and 235 for steps 130 and 230 of the flow chart of previous drawing 3 in the flow chart of drawing 7, and others are the same as that of the flow chart of drawing 3 R> 3.

[0059] that is, in case it is alike, it sets in this 3rd example and a laser radiation part is moved, he is trying to move also in this 3rd example, on the processing stage 11, although the point of performing laser beam machining which distributed the processing part to time sharing is the same as a previous example so that the continuation shots per hour to one processing part may not exceed the set point qc

[0060] The 4th example of this invention is shown in drawing 8.

[0061] As [ show / this 4th example / to drawing 9 / mask MKa-MKc for beam shaping arranged in a laser beam on the street ] While the optical passage hole (mask pattern) 50 of the configuration from which plurality differs, and magnitude considers as the rotary mask formed on the mask plate 51 He chooses a desired configuration and the mask pattern 50 (50a, 50b) of magnitude, and is trying to make it located in a laser beam on the street by carrying out rotation positioning of these rotary mask MKa-MKc by motor MTa-MTc, respectively. The encoder 52 is arranged on the revolving shaft of motor MTa-MTc, respectively, and a control section 20 feeds back the rotation position signal of the motor shaft detected by these encoders 52, and performs rotation point-to-point control of rotary mask MKa-MKc.

[0062] In this case, laser is irradiated by the location Xb which attached hatching, when laser is irradiated by the location Xa which attached hatching when the mask pattern 50 with which plurality differs was arranged on two peripheries which have a different radius (concentric circular) and rotary mask MKa-MKc chose mask pattern 50a by the side of an outside periphery and it chooses mask pattern 50b by the side of an inner periphery. 53 is the center of rotation.

[0063] namely, as shown in drawing 8 , on each optical path deflected with the laser scanner 5 (in this case, three optical paths) Although the fixed vendor mirrors M1, M3, and M5, the working vendor mirrors M2, M4, and M6, and mask MKa-MKc for beam shaping are matched with working image formation lens La-Lc and a laser beam is irradiated by the work piece 10 via these The working vendor mirrors M2, M4, and M6 and working image formation lens La-Lc In this case, in the direction of X, slide migration is possible and it has come, and the optical path of a laser beam is changed so that a laser beam may be irradiated by these slide migration in two exposure locations Xa and Xb on above-mentioned mask MKa-MKc.

[0064] Migration of these working vendor mirrors M2, M4, and M6 and working image formation lens La-Lc is performed by the control section 20 synchronizing with scanning actuation of the laser scanner 5. In addition, as shown in drawing 9 , when the radius of phid and an outside periphery is set to  $\phi iD$  for the radius of an inner periphery, the migration length of the working vendor mirrors M2, M4, and M6 at the time of changing the above-mentioned exposure locations Xa and Xb and working image formation lens La-Lc is set to  $\phi iD - \phi i d$ .

[0065] Thus, in this 4th example, since it enabled it to choose the mask pattern of arbitration immediately by rotating mask MKa-MKc for these beam shaping using mask MKa-MKc for beam shaping in which the mask pattern with which plurality differs was formed, the mask exchange activity for mask pattern modification can be lost, and working efficiency can be raised.

[0066] In addition, also in this 4th example, as laser beam machining which distributed the processing part to time sharing is performed like the 1st previous example so that the continuation shots per hour to one processing part may not exceed the predetermined set point qc, it is made to perform highly precise laser beam machining which inhibited the effect of heat.

[0067] Drawing 10 shows the modification of mask MKa-MKc for beam shaping used in the example shown in previous drawing 8 , does not rotate a mask in this case, and chooses a desired mask pattern by carrying out slide migration of the mask.

[0068] Between the drive roller 54 connected to the revolving shaft of the motor MT by which the encoder 52 was attached, and the tension roller 55, the sheet-like mask 56 is passed by anchoring at the ends through and the mask pattern 50 with which plurality differs in the direction of one dimension is installed by the sheet-like mask 56. It is formed in the web material 56 on a background long hole 57 so that a laser beam can pass.

[0069] Therefore, it is made for a desired mask pattern to be located on a laser radiation location by carrying out the rotation drive of the motor MT, and making the slide migration of the web material 56 carry out in the direction of X in this case.

[0070] In addition, you may make it apply to the 3rd example which showed the mask for beam shaping shown in drawing 9 and drawing 10 to previous drawing 6 .

[0071] in addition, the configuration shown in drawing 8 when the sheet-like mask shown in this drawing 10 was used -- setting -- the working vendor mirrors M2, M4, and M6 and working image formation lens La-Lc -- a slide -- it is not necessary to make it movable

[0072] In addition, although laser beam machining was ended after setting up processing cycle several n and completing processing of processing cycle several of these n in each example

mentioned above If total shots per-hour  $Q_t$  which cutting of one processing part takes is set up beforehand and the enumerated data of the total of a laser shots per hour reach this setting shot numeric value  $Q_t$  in each processing part, you may make it terminate automatically laser beam cutting in the processing part concerned.

[0073] Moreover, although it was made to make the laser radiation in the processing part concerned resume in the above-mentioned example if the laser shots per hour in one processing part reached the set point  $q_c$  after carrying out sequential execution of the laser radiation in all processing parts besides after that, the sequence of this laser radiation is arbitrary. What is necessary is in short, just to insert the laser radiation in other processing parts once [ at least ] in one processing part between the continuation laser radiation in a certain cycle, and the laser radiation in the following cycle.

[0074] By the way, although the laser shots per hour of a pulse laser restricted the continuous irradiation time amount per time in one processing part in the above-mentioned example The continuous irradiation time amount  $T_c$  per time in one processing part is set up beforehand, and you may make it restrict laser radiation time amount by comparing with said setup time  $T_c$  the continuous irradiation time amount which actually clocked continuous irradiation time amount and this clocked it on the occasion of the laser radiation in each processing part.

[0075] Moreover, if the continuous irradiation time amount  $T_c$  restricts the laser radiation per time in one processing part, this invention is applicable not only to pulse laser light but continuation light laser.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the 1st example of this invention.

[Drawing 2] The timing diagram which shows the laser-beam-machining actuation by the 1st example.

[Drawing 3] The flow chart which shows the laser-beam-machining actuation by the 1st example.

[Drawing 4] The timing diagram which shows the laser-beam-machining actuation by the 1st example.

[Drawing 5] Drawing showing the 2nd example of this invention.

[Drawing 6] Drawing showing the 3rd example of this invention.

[Drawing 7] The flow chart which shows the laser-beam-machining actuation by the 3rd example.

[Drawing 8] Drawing showing the 4th example of this invention.

[Drawing 9] Drawing showing the mask for beam shaping used in the 4th example.

[Drawing 10] Drawing showing the modification of the mask for beam shaping used in the 4th example.

[Description of Notations]

1 -- Laser oscillation machine 2 -- Shutter 3 -- Beam splitter

4 -- Laser output sensor 5 -- Laser beam scanner

10 -- Work piece 11 -- Migration stage 20 -- Control section

30 -- Ftheta lens 40 -- Deviation mirror 41 -- Lens

M1-M6 -- Scanner mirror MK -- Mask for beam shaping

L1-L3, La-Lc -- Lens MT -- Motor

50 -- Mask pattern 52 -- Encoder

54 -- Drive roller 55 -- Tension BURORA

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

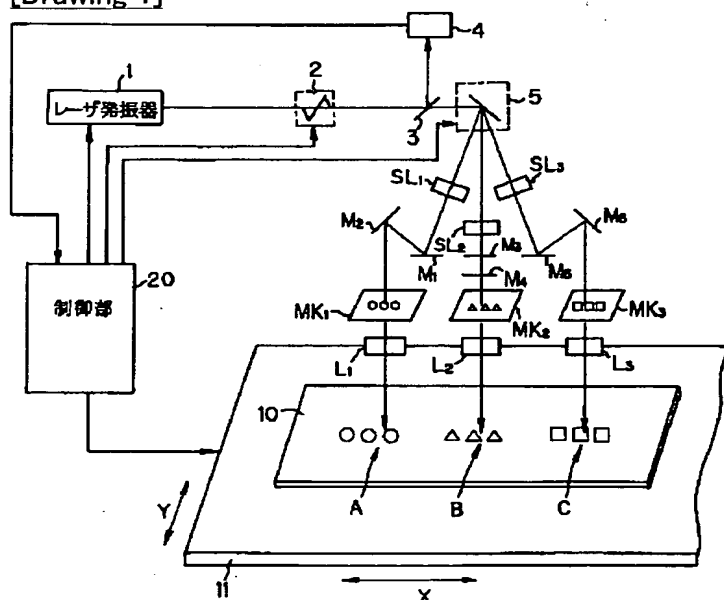
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

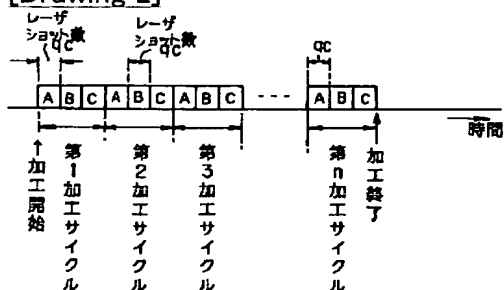
3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

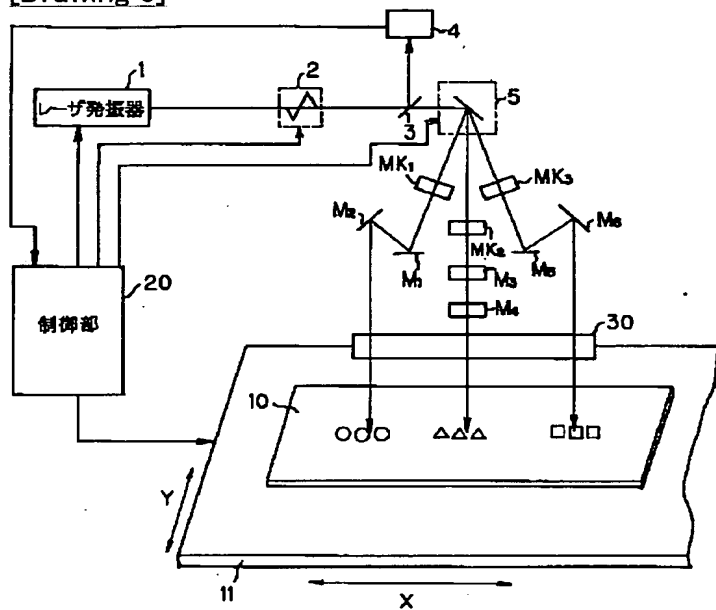
[Drawing 1]



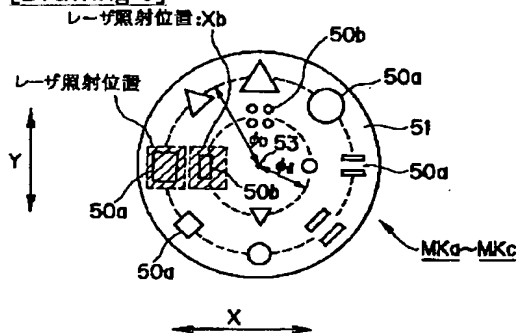
[Drawing 2]



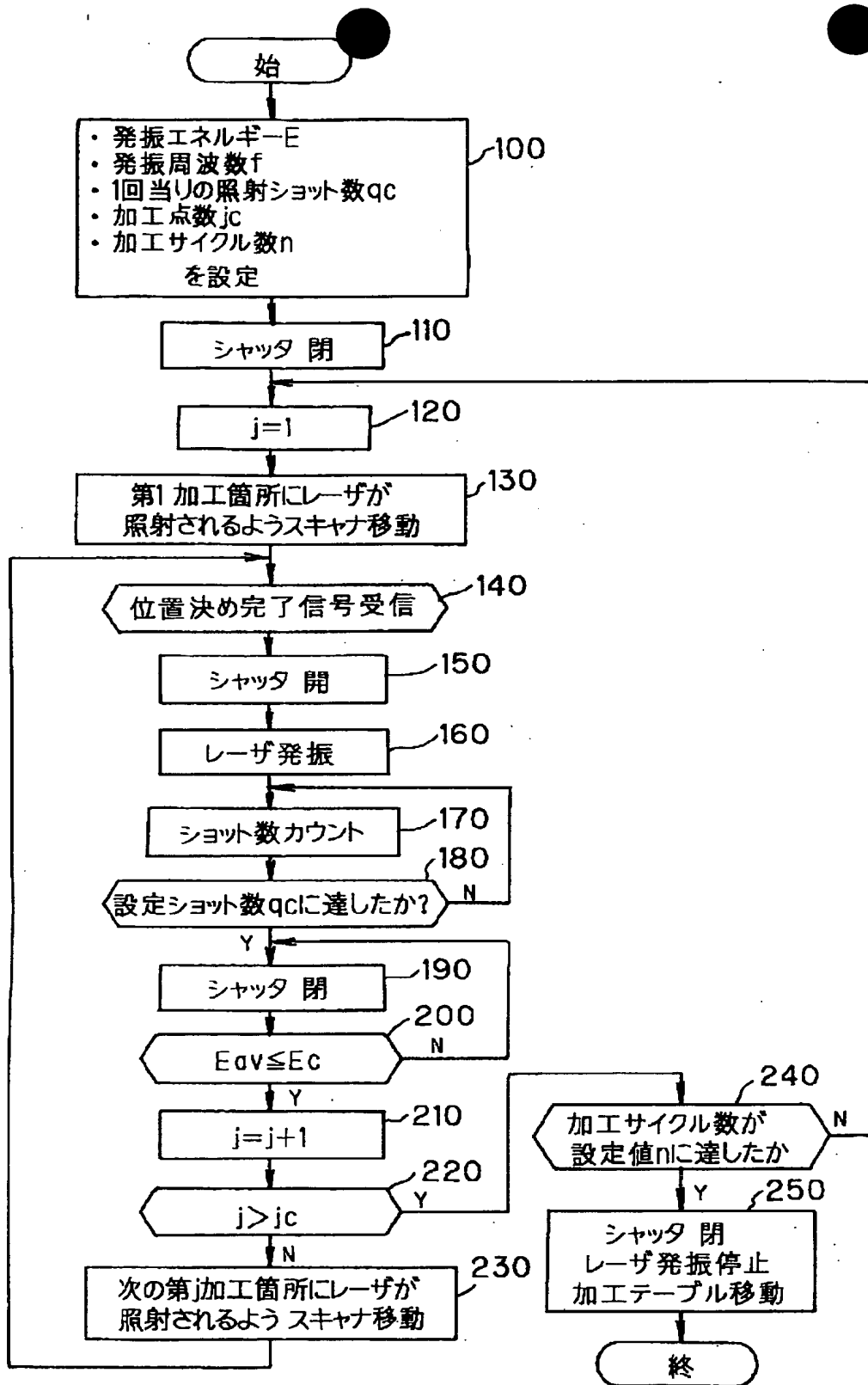
[Drawing 4]



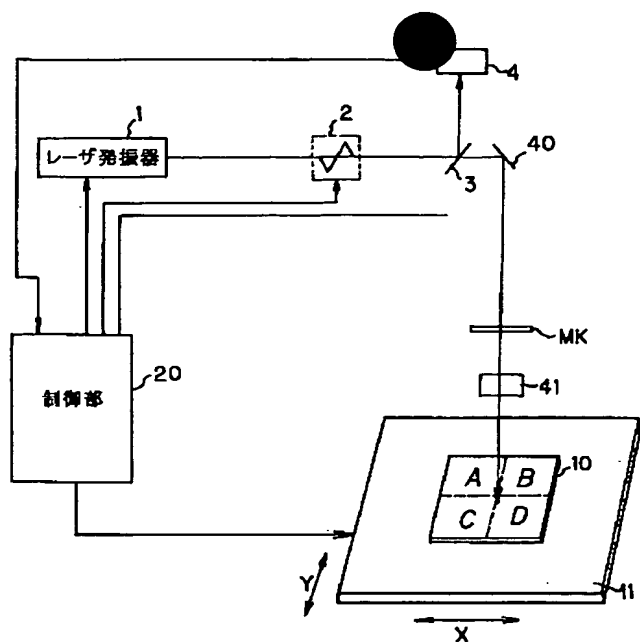
[Drawing 9]



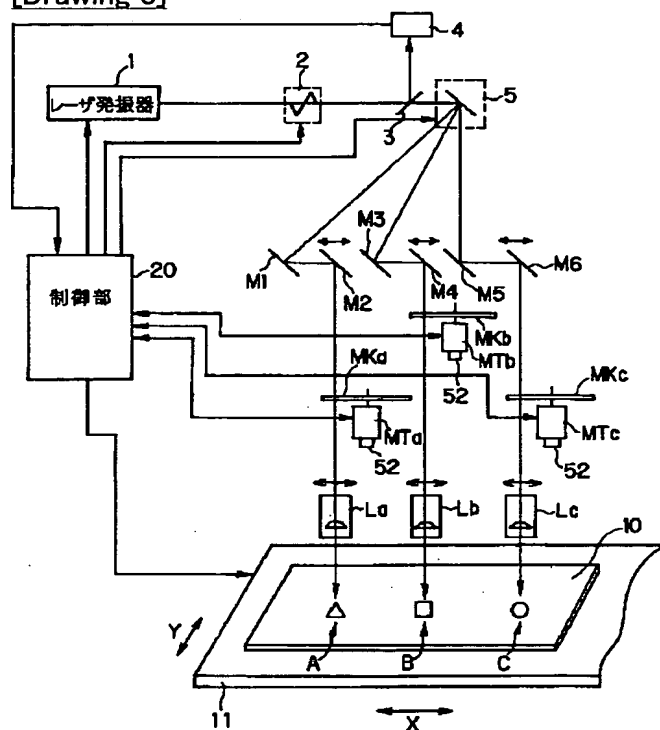
[Drawing 3]



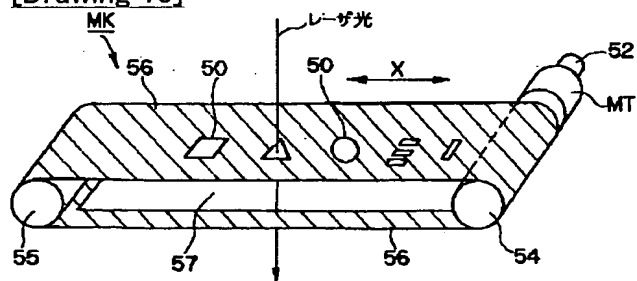
[Drawing 6]



[Drawing 8]

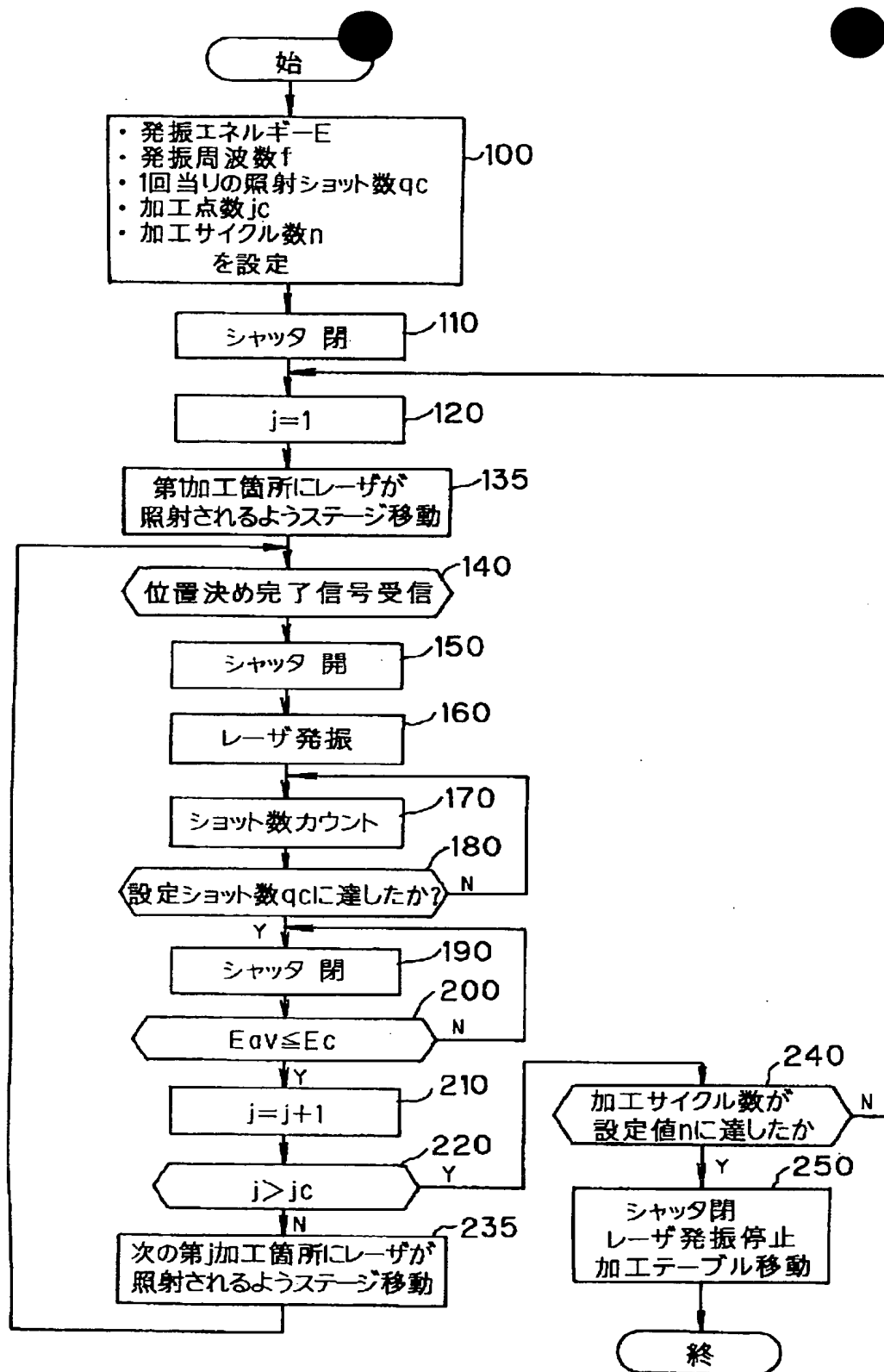


[Drawing 10]



[Drawing 7]





[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-47965

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 2 3 K 26/00

識別記号

3 2 0

3 3 0

26/06

F I

B 2 3 K 26/00

26/06

N

3 2 0 E

3 3 0

E

J

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-184019

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月9日

(31) 優先権主張番号 特願平9-138634

(32) 優先日 平9(1997) 5月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 太田 一男

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

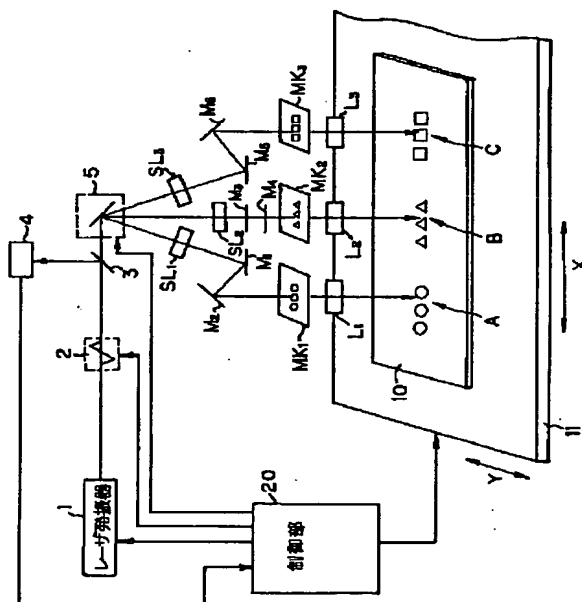
(74) 代理人 弁理士 木村 高久

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】加工速度をできるだけ高速に維持しつつ熱の影響を抑えた高精度のレーザ加工をなし得るようにする。

【解決手段】ワークの複数の異なる加工箇所A、B、Cを加工するレーザ加工装置であって、レーザ光を発生するレーザ発振器1と、このレーザ発振器から発生されるレーザ光が前記ワーク上の複数の異なる加工箇所に順次照射されるようにレーザ光を偏向するレーザ光スキャナ手段5と、前記ワーク上の1つの加工箇所への1回の加工当たりのレーザ照射時間が予め設定される照射時間設定手段と、各加工箇所への1回の加工の際のレーザ照射時間が前記設定照射時間を超えないよう前記加工箇所を時分割的に順次移行させるべく前記レーザ光スキャナ手段を制御する制御手段20とを具えるようにしている。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】ワークの複数の異なる加工箇所を加工するレーザ加工装置であって、

レーザ光を発生するレーザ発振器と、

このレーザ発振器から発生されるレーザ光が前記ワーク上の複数の異なる加工箇所に順次照射されるようにレーザ光を偏向するレーザ光スキャナ手段と、

前記ワーク上の1つの加工箇所への1回の加工当たりのレーザ照射時間が予め設定される照射時間設定手段と、各加工箇所への1回の加工の際のレーザ照射時間が前記設定照射時間を超えないよう前記加工箇所を時分割的に順次移行させるべく前記レーザ光スキャナ手段を制御する制御手段と、

を具えるようにしたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】前記レーザ発振器とレーザ光スキャナ手段との間に配設され、入射されたレーザ光の通過/遮断を切り換えるシャッタ手段を更に具え、

前記制御手段は、前記レーザ光スキャナ手段による加工箇所の移行の際に前記シャッタ手段を遮断側に切り換える請求項2記載のレーザ加工装置。

【請求項3】前記シャッタ手段通過後のレーザ光の出力エネルギーを検出するレーザ光出力検出手段を更に具え、

前記制御手段は、この検出した出力エネルギーが所定の設定値より小さくなると、前記レーザ光スキャナ手段による加工箇所の移行を開始する請求項2記載のレーザ加工装置。

【請求項4】前記レーザ発振器はパルスレーザ光を発生するものであり、

前記照射時間設定手段には、ワーク上の1つの加工箇所への1回の加工当たりの連続ショット数が設定され、前記制御手段は、各加工箇所への1回の加工の際のレーザショット数が前記設定ショット数を超えないよう前記加工箇所を時分割的に順次移行させるべく前記レーザ光スキャナ手段を制御する請求項1記載のレーザ加工装置。

【請求項5】前記制御手段は、各加工箇所への前記設定照射時間ずつのレーザ照射を予め設定された所定の順番で実行する処理を複数サイクル繰返し行うよう前記レーザ光スキャナ手段を制御する請求項1記載のレーザ加工装置。

【請求項6】前記ワークとレーザ光スキャナ手段との間のレーザ光路上に配設され、複数の異なる形状または大きさの光通過孔が同一円周上に並べられるように形成されたマスクと、

このマスクを前記円周の中心を中心として回転駆動して、前記複数の光通過孔の1つを前記レーザ光路上に位置させる回転駆動手段と、

を更に備えるようにした請求項1記載のレーザ加工装置。

【請求項7】前記ワークとレーザ光スキャナ手段との間のレーザ光路上に配設され、複数の異なる形状または大きさの光通過孔が一次元方向に並べられるように形成されたシート状マスクと、

このシート状マスクを前記光通過孔が並設された方向にスライド移動して、前記複数の光通過孔の1つを前記レーザ光路上に位置させるスライド手段と、  
を更に備えるようにした請求項1記載のレーザ加工装置。

【請求項8】ワークの複数の異なる加工箇所を加工するレーザ加工装置であって、

レーザ光を発生するレーザ発振器と、

前記ワークが載置されると共に、前記レーザ発振器から発生されるレーザ光が前記ワーク上の複数の異なる加工箇所に順次照射されるように移動可能な移動ステージと、

前記ワーク上の1つの加工箇所への1回の加工当たりのレーザ照射時間が予め設定される照射時間設定手段と、各加工箇所への1回の加工の際のレーザ照射時間が前記設定照射時間を超えないよう前記加工箇所を時分割的に順次移行させるべく前記移動ステージを移動制御する制御手段と、

を具えるようにしたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項9】前記レーザ発振器とワークとの間に配設され、入射されたレーザ光の通過/遮断を切り換えるシャッタ手段を更に具え、

前記制御手段は、前記移動ステージによる加工箇所の移行の際に前記シャッタ手段を遮断側に切り換える請求項8記載のレーザ加工装置。

【請求項10】前記シャッタ手段通過後のレーザ光の出力エネルギーを検出するレーザ光出力検出手段を更に具え、

前記制御手段は、この検出した出力エネルギーが所定の設定値より小さくなると、前記移動ステージによる加工箇所の移行を開始する請求項9記載のレーザ加工装置。

【請求項11】前記レーザ発振器はパルスレーザ光を発生するものであり、

前記照射時間設定手段には、ワーク上の1つの加工箇所への1回の加工当たりの連続ショット数が設定され、前記制御手段は、各加工箇所への1回の加工の際のレーザショット数が前記設定ショット数を超えないよう前記加工箇所を時分割的に順次移行させるべく前記移動ステージを移動制御する請求項8記載のレーザ加工装置。

【請求項12】前記制御手段は、各加工箇所への前記設定照射時間ずつのレーザ照射を予め設定された所定の順番で実行する処理を複数サイクル繰返し行うよう前記移動ステージを移動制御する請求項8記載のレーザ加工装置。

【請求項13】前記レーザ発振器とワークとの間のレーザ光路上に配設され、複数の異なる形状または大きさの

光通過孔が同一円周上に並べられるように形成されたマスクと、

このマスクを前記円周の中心を中心として回転駆動して、前記複数の光通過孔の1つを前記レーザ光路上に位置させる回転駆動手段と、

を更に備えるようにした請求項8記載のレーザ加工装置。

【請求項14】前記レーザ発振器とワークとの間のレーザ光路上に配設され、複数の異なる形状または大きさの光通過孔が一次元方向に並べられるように形成されたシート状マスクと、

このシート状マスクを前記光通過孔が並設された方向にスライド移動して、前記複数の光通過孔の1つを前記レーザ光路上に位置させるスライド手段と、

を更に備えるようにした請求項8記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、レーザ光を用いて高分子材料、セラミックス、複合材料などに孔空け、切断等のレーザ加工を施すレーザ加工装置に関し、特に加工時の熱の影響による加工精度の低下を抑止するための改良に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、孔空けや切断などのレーザ加工には、通常、CO<sub>2</sub>レーザなどの赤外光レーザが多く用いられているが、かかる赤外光レーザによる切断は切断部を加熱して蒸発または溶融させる熱切断であるため、切断部周辺の熱変質、熱変形が避けられず、加工精度にも限界がある。

【0003】これに代わって、昨今、エキシマレーザやYAGレーザの高調波などのUVレーザ光（紫外レーザ光）を用いた孔空け、切断加工が注目されている。

【0004】このUVレーザ光によるレーザ切断は、レーザビームを熱エネルギーとして利用するのではなく、レーザ波長に共鳴して光化学反応により結合を切断する冷たい切断である。このため、このレーザ切断は、原理的に熱影響や熱変形のない理想的な高精度の切断である。特に、エキシマレーザは、高分子材料、セラミックス、複合材料などの孔空け、切断に適していると言われている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなUV光を用いたレーザ加工装置において、パルス発振の繰り返し周波数（発振周波数）を数100Hz程度の最高周波数付近まで上げて運転を行った場合、上記赤外光レーザによる加工で見られたような熱影響が発生し、加工精度を著しく低下させるという問題が発生した。この原因は、パルス発振の繰り返し周波数を上げた場合、切断や孔空けが進行するにつれ、UVレーザ光加

工の場合にも赤外線加工の場合のような被加工材の蒸発が発生し、この蒸発した被加工材の加熱分子が被加工材の表面に再度付着することによるものと考えられる。

【0006】このように、従来技術においては、UVパルスレーザ光によって孔空けや切断などを行う際、孔空け、切断が終了するまで1つの加工箇所に対してUVパルスレーザ光を連続的に照射するようにしていたので、パルスレーザ光の繰り返し周波数を上げて加工速度を向上させようとした場合、赤外光レーザ加工で見られたような熱影響が発生し、加工精度を著しく低下させるという問題があった。

【0007】この問題を解消させるために、レーザ光照射を定期的に休止するという方法が考えられるが、これでは何のために繰り返し周波数を上げて加工速度を向上させようとしたかが判らなくなる。

【0008】この発明はこのような実情に鑑みてなされたもので、加工速度をできるだけ高速に維持しつつ熱の影響を抑えた高精度のレーザ加工をなし得るレーザ加工装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段及び作用効果】第1発明では、ワークの複数の異なる加工箇所を加工するレーザ加工装置であって、レーザ光を発生するレーザ発振器と、このレーザ発振器から発生されるレーザ光が前記ワーク上の複数の異なる加工箇所に順次照射されるようにレーザ光を偏向するレーザ光スキャナ手段と、前記ワーク上の1つの加工箇所への1回の加工当たりのレーザ照射時間が予め設定される照射時間設定手段と、各加工箇所への1回の加工の際のレーザ照射時間が前記設定照射時間を超えないよう前記加工箇所を時分割的に順次移行させるべく前記レーザ光スキャナ手段を制御する制御手段とを具えるようにしている。

【0010】係る第1発明では、各加工箇所への1回の加工の際のレーザ照射時間が予め設定された設定照射時間を超えないよう前記加工箇所を時分割的に順次移行させるようにしている。すなわち、当該加工箇所に対して前記設定照射時間分だけレーザ照射を行った後、他の照射箇所に対し少なくとも1回レーザ照射を前記設定照射時間分だけ行い、この後当該照射箇所に対するレーザ照射を再開させる。

【0011】したがって、この発明では、レーザ連続照射による熱の影響が当該加工箇所に発生する前に加工箇所を他の箇所に移行させ、温度が下がってから当該加工箇所に対するレーザ照射を再開させるようにしたので、レーザ加工速度を落とすことなくワークの熱歪みの影響を抑えることができ、これにより高速かつ高精度のレーザ加工をなし得るようになる。

【0012】また第2発明では、ワークの複数の異なる加工箇所を加工するレーザ加工装置であって、レーザ光を発生するレーザ発振器と、前記ワークが載置されると

共に、前記レーザ発振器から発生されるレーザ光が前記ワーク上の複数の異なる加工箇所へ順次照射されるように移動可能な移動ステージと、前記ワーク上の1つの加工箇所への1回の加工当たりのレーザ照射時間が予め設定される照射時間設定手段と、各加工箇所への1回の加工の際のレーザ照射時間が前記設定照射時間を超えないよう前記加工箇所を時分割的に順次移行させるべく前記移動ステージを移動制御する制御手段とを具えるようにした。

【0013】かかる第2発明では、先の第1発明のレーザ光スキャナに代えて移動ステージを用い、この移動ステージによるワークの移動によって加工箇所を移動させるようにしている。

【0014】したがって、この第2発明においても、レーザ加工速度を落とすことなくワークの熱歪みの影響を抑えることができ、高速かつ高精度のレーザ加工をなし得るようになる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下この発明の実施例を添付図面に従って詳細に説明する。

【0016】図1にこの発明の第1の実施例を示す。

【0017】この第1の実施例のレーザ加工装置は、エキシマレーザ光を用いて高分子材料、セラミックス、複合材料などのワークに孔空け加工を実行するものである。

【0018】図1において、エキシマレーザ発振器のレーザヘッド1から発生されたエキシマパルスレーザ光は、レーザ光を通過/遮断させるシャッタ2を経由してビームスプリッタ3に入射される。シャッタ2は、ガルバノメータまたは圧電素子を利用したレーザ光の通過/遮断を切り換えるシャッタなどで構成され、数msecレベルで光路の開閉を切り換える。

【0019】ビームスプリッタ3でサンプリングされた一部のレーザ光は、レーザ出力センサ4に入射される。レーザ出力センサ4は受光素子で構成されその出力を制御部20に入力する。制御部20はこの受光出力に基づいて出射されたパルスレーザ光の各パルスの出力エネルギーEを測定する。

【0020】ビームスプリッタ3を通過したレーザ光はレーザスキャナ5に入射され、このレーザスキャナ5によって入射されたレーザ光はワーク10上の複数の異なる加工箇所（この場合は3つの加工箇所A、B、C）に順次照射されるようにその光路が偏向スキャンされる。

【0021】このレーザスキャナ5としては、ガルバノメータあるいは圧電素子を用いて偏向ミラーを回転駆動する機構などが採用され、入射されたレーザ光を高速に任意の方向に偏向スキャンする。

【0022】レーザスキャナ5によって偏向される各光路上（この場合は3つの光路）には、スリットSL1～SL3と、スキャナミラーM1～M6と、加工パターンと

相似形のマスクパターンが形成されたビーム成形用マスク（アパーチャ）MK1～MK3と、レンズL1～L3が配され、これらを経由してレーザ光がワーク10に照射される。これらスキャナミラーM1～M6、ビーム成形用マスク（アパーチャ）MK1～MK3、レンズL1～L3の位置、角度は制御部20によって微調整できるようになっている。

【0023】ワーク10はXY方向に移動可能な加工テーブル11上に載置され、入射されたレーザ光によって孔空け加工される。

【0024】制御部20は、レーザ発振器1の起動停止、シャッタ2の開閉、レーザスキャナ5のレーザスキャン制御、加工テーブル11の移動制御、スキャナミラーM1～M6、ビーム成形用マスク（アパーチャ）MK1～MK3、レンズL1～L3の位置、角度の微調整制御などを実行する。

【0025】かかる構成において、図1の示す3つの加工箇所A、B、Cに孔を形成する際、図2に示すように、レーザスキャナ5によってパルスレーザ光を3つの加工箇所A、B、Cに時分割分配してワーク10に照射することによって熱の悪影響を排除するようにしている。

【0026】すなわち図2においては、1つの加工箇所Aで1回（1サイクル分）の加工の際に連続照射するレーザショット数qcを予め設定する。このレーザショット数qcは、1つの加工箇所Aにレーザ光の連続照射を行っても前述した熱の影響が発生しない個数に設定し、この1サイクルがqc個から成るレーザ照射を複数回（nサイクル分）繰り返すことによって1つの加工箇所Aに完全な孔を形成する。したがって、1つの加工箇所Aへの全レーザショット数Qtは $n \cdot qc$ となる。

【0027】すなわち図2では、まず加工箇所Aに対してqc個だけパルスレーザ光を連続照射し、つぎにレーザスキャナ5によって加工箇所をBに移動してqc個だけパルスレーザ光を連続照射し、これが終了するとレーザスキャナ5によって加工箇所をさらにCに移動してqc個だけパルスレーザ光を連続照射する。これで第1加工サイクルが終了する。そして、このような加工サイクルをn回繰り返すことによって3つの加工箇所A、B、Cに孔を形成する。

【0028】以下、上記孔空けレーザ加工を実行する際の、制御部20の動作手順を図3のフローチャート、図4のタイムチャートを参照してより詳細に説明する。

【0029】まず、運転開始に先立って、制御部20に以下の各パラメータを設定する（ステップ100）。

【0030】・レーザ発振器1の各パルスの発振エネルギーの目標値E

・レーザ発振器1のパルス発振の発振周波数（繰り返し周波数）f

・1つの加工箇所に対する1回の加工当たりのレーザシ

ショット数  $q_c$

・加工点数  $j_c$

・加工サイクル数  $n$

この場合、発振周波数  $f$  は当該レーザ発振器1で発振可能な最高周波数、例えば500Hzに設定しており、このような高周波数では従来手法においては加工の際に熱の影響が発生していた。

【0031】上記パラメータのうち加工点数  $j_c$  は加工箇所数を示し、この場合  $j_c = 3$  である

上記設定が終了すると、制御部20はシャッタ2を閉にした後（ステップ110）、加工位置を表す変数パラメータ  $j$  を  $j = 1$  にする（ステップ120）。なお、 $j = 1$  が加工箇所Aに対応し、 $j = 2$  が加工箇所Bに対応し、 $j = 3$  が加工箇所Cに対応するとする。

【0032】次に、制御部20は、第1加工箇所Aにレーザ光が照射されるようスキャナ5に指令を与える。これによりスキャナ5は駆動され（図4(c)参照）、与えられた指令に対応した位置決めが終了すると、制御部20に位置決め完了信号を返送する（ステップ130、140）。

【0033】制御部20は、この位置決め完了信号を受信すると、閉状態にあったシャッタ2を開にした後（図4(d)参照）、レーザ発振器1を起動してパルスレーザ発振を開始させる（ステップ150、160、図4(a)参照）。

【0034】この結果、ワーク10の第1加工箇所Aに対してパルスレーザ光が照射されることになり、第1加工箇所Aに対する孔空け加工が開始される（図4(b)参照）。

【0035】制御部20においては、例えばレーザ出力センサ（受光素子）4の出力に基づいてシャッタ2が開になった後のレーザショット数を計数するようにしており、この計数値を設定ショット数値  $q_c$  と比較することにより、計数値が設定ショット数値  $q_c$  に一致するまでの間はパルスレーザ光をワーク10の第1加工箇所Aに対して連続照射させる（ステップ170、180）。

【0036】一方、前記計数値が設定ショット数  $q_c$  に達すると、制御部20は開状態にあるシャッタ2を閉にする処理を開始する。この際、この実施例では、シャッタ2が完全に閉にならなくとも、加工に影響のないエネルギーレベルまでレーザ光を遮断することができるところまでシャッタ2が閉になると、直ちにレーザスキャナ5による次の加工箇所へのスキャン動作が開始されるようにして、より高速のレーザ加工をなし得るようにしている。

【0037】このため、制御部20は、レーザ出力センサ4によって検出したレーザ出力エネルギーを所定の設定値  $E$  と比較し、レーザ出力エネルギーが設定値を下回った時点でレーザスキャナ5による次の加工箇所へのスキャン動作を開始するようにしている。

【0038】1個1個のパルスエネルギー値  $E$  にはばらつきがあるので、この場合は、レーザ出力センサ4の出力を用いて  $m$  個のパルス  $P_i \sim P_{i+m}$  のパルスエネルギー値  $E_i \sim E_{i+m}$  の平均値  $E_{av}$  を求め、この値  $E_{av}$  が所定の設定値  $E_c$  以下になった時点で次の加工箇所へのスキャン動作を開始するようにしている（ステップ200）。

【0039】次に、 $E_{av} \leq E_c$  が成立すると、制御部20は加工位置を表す変数パラメータ  $j$  を  $+1$  して2にした後、この変数パラメータ  $j$  が前記設定された加工点数  $j_c$ （この場合は3）を超えたか否かを判定する（ステップ210、220）。

【0040】ステップ220において、 $j \leq j_c$  である場合は、当該加工サイクルにおいて全ての加工箇所でのレーザ照射終了していないことになるので、制御部20は加工箇所を次の第  $j$  加工箇所（この場合は第2加工箇所B）に移動するようレーザスキャナ5に指令を与える（図4(c)参照）。

【0041】以下同様にして、ステップ140～ステップ230の手順が、あと2回繰り返されることにより、ワーク10の第2加工箇所Bおよび第3加工箇所Cに対してパルス光がそれぞれ設定ショット数  $q_c$  ずつレーザ照射されることになる。

【0042】以上で第1加工サイクルのレーザ照射が終了する。

【0043】第1加工サイクルの第3加工箇所Cに対するレーザ照射が終了した後、ステップ210で変数パラメータ  $j$  が  $+1$  されると、 $j = 4$  になるので、ステップ220では  $j > j_c$  が成立する。したがって、この場合手順はつぎにステップ240に移行される。

【0044】ステップ240においては、加工サイクル数が設定値  $n$  に達したか否かが判定される。

【0045】現段階では、第1加工サイクルが終了しただけなので、手順はステップ120に移行されて、再度第1加工箇所Aにレーザが照射されるようにレーザスキャナ5がスキャンされる（ステップ130）。以下同様にして、ステップ140～ステップ230の手順が、3回繰り返されることにより、ワーク10の第1加工箇所A、第2加工箇所Bおよび第3加工箇所Cに対してパルス光がそれぞれ設定ショット数  $q_c$  ずつレーザ照射される第2加工サイクルが実行される。

【0046】そして、このような加工サイクルが  $n$  回繰り返される事で、ワーク10の第1加工箇所A、第2加工箇所Bおよび第3加工箇所Cに対して所定の孔が形成される。

【0047】このような  $n$  回の加工サイクルが終了すると（ステップ240）、制御部20によってシャッタ2が閉にされ、レーザ発振が停止される。また、ワーク10上に他の加工箇所が存在する場合は、加工テーブル1を移動して、再度前述と同様の動作を実行する。

【0048】なお、シャッタ2の開閉速度線図は、図4

(d)に示すように、加工材料、加工深さなどの加工条件に応じて、その立上がり時間、立下がり時間などを任意に調整できるようにしている。

【0049】このようにこの第1実施例においては、1つの加工箇所に対する連続ショット数が所定の設定値 $q_c$ を超えないように加工箇所を時分割に分配した加工を行うようにしたので、紫外線エキシマレーザ光を高繰り返し周波数で長時間連続照射したときに発生する熱の悪影響が抑止され、高精度のレーザ加工をなし得るようになる。

【0050】図5にこの発明の第2の実施例を示す。

【0051】この第2の実施例では、スキャナ5からワーク10までのレーザ光路中に配する光学系の構成を変形するようにしている。

【0052】すなわち、レーザスキャナ5によって偏向された各光路上（この場合は3つの光路）には、まずビーム成形用マスクMK1～MK3が配し、その後段にスキャナミラーM1～M6が配し、さらにその後段に入射レーザ光の偏向角度に比例したワーク位置にレーザ光を結像可能するF $\theta$ レンズ30を配するようにしている。

【0053】この実施例においても、先の第1の実施例同様、1つの加工箇所に対する連続ショット数が所定の設定値 $q_c$ を超えないように加工箇所を時分割に分配したレーザ加工を行うようにして、熱の影響を抑止した高精度のレーザ加工を行うようにしている。

【0054】図6にこの発明の第3実施例を示す。

【0055】この第3実施例では、先の実施例のようにレーザスキャナ5によってレーザ光をスキャンするのではなく、加工ステージ11をXY方向に2次元移動することによってワーク10に対するレーザ照射位置を移動させるようにしている。

【0056】図6において、エキシマレーザ発振器のレーザヘッド1から発生されたエキシマパルスレーザ光は、シャッタ2、ビームスプリッタ3、偏向ミラー40、ビーム成形用マスクMK、レンズ41を介して加工ステージ11上のワーク10に照射される。

【0057】この場合、ワーク10には、4つの加工箇所A～Dを有している。

【0058】図7はこの第3の実施例によるレーザ加工手順を示すもので、図7のフローチャートにおいては先の図3のフローチャートのステップ130および230をステップ135および235に代替しており、他は図3のフローチャートと同様である。

【0059】すなわちこの第3実施例においても、1つの加工箇所に対する連続ショット数が設定値 $q_c$ を超えないように加工箇所を時分割に分配したレーザ加工を行う点は先の実施例と同じであるが、この第3実施例においてはレーザ照射箇所を移動する際に、加工ステージ11を移動するようにしているのである。

【0060】図8にこの発明の第4実施例を示す。

【0061】この第4実施例では、レーザ光路上に配設されるビーム成形用マスクMKa～MKcを図9に示すような、複数の異なる形状及び大きさの光通過孔（マスクパターン）50がマスクプレート51上に形成されたロータリーマスクとすると共に、これらロータリーマスクMKa～MKcをモータMTa～MTcによってそれぞれ回転位置決めさせることによって所望の形状及び大きさのマスクパターン50（50a, 50b）を選択してレーザ光路上に位置させるようにしている。モータMTa～MTcの回転軸にはエンコーダ52がそれぞれ配されており、制御部20はこれらエンコーダ52によって検出されるモータ軸の回転位置信号をフィードバックしてロータリーマスクMKa～MKcの回転位置決め制御を実行する。

【0062】この場合、ロータリーマスクMKa～MKcは、複数の異なるマスクパターン50が、異なる半径を有する2つの円周上に（同心円状に）配置されており、外円周側のマスクパターン50aを選択する場合は、ハッチングを付した位置Xaにレーザが照射され、内円周側のマスクパターン50bを選択する場合は、ハッチングを付した位置Xbにレーザが照射されるようになっている。53は回転中心である。

【0063】すなわち、図8に示すように、レーザスキャナ5によって偏向される各光路上（この場合は3つの光路）には、固定式ベンダーミラーM1, M3, M5と、可動式ベンダーミラーM2, M4, M6と、ビーム成形用マスクMKa～MKcと、可動式結像レンズLa～Lcが配され、これらを経由してレーザ光がワーク10に照射されるようになっているが、可動式ベンダーミラーM2, M4, M6と可動式結像レンズLa～Lcとは、この場合X方向へスライド移動が可能ようになっており、これらのスライド移動によって上記マスクMKa～MKc上の2つの照射位置Xa, Xbにレーザ光が照射されるようにレーザ光の光路が切り替えられる。

【0064】これら可動式ベンダーミラーM2, M4, M6および可動式結像レンズLa～Lcの移動は、制御部20によってレーザスキャナ5のスキャン動作と同期して行われる。なお、図9に示すように、内円周の半径を $\phi d$ 、外円周の半径を $\phi D$ とした場合、上記照射位置Xa, Xbを切り替える際の可動式ベンダーミラーM2, M4, M6および可動式結像レンズLa～Lcの移動距離は $\phi D - \phi d$ となる。

【0065】このように、この第4実施例においては、複数の異なるマスクパターンが形成されたビーム成形用マスクMKa～MKcを用い、これらビーム成形用マスクMKa～MKcを回転させることによって任意のマスクパターンを即座に選択できるようにしたので、マスクパターン変更のためのマスク交換作業がなくなり、作業効率を向上させることができる。

【0066】なお、この第4の実施例においても、先の

第1の実施例同様、1つの加工箇所に対する連続ショット数が所定の設定値 $q_c$ を超えないように加工箇所を時分割に分配したレーザ加工を行うようにして、熱の影響を抑止した高精度のレーザ加工を行うようにしている。

【0067】図10は先の図8に示した実施例で用いるビーム成形用マスクMKa~MKcの変形例を示すもので、この場合はマスクを回転させるのではなく、マスクをスライド移動させることによって所望のマスクパターンを選択する。

【0068】エンコーダ52が付設されたモータMTの回転軸に接続されたドライブローラ54と、テンションローラ55間には、シート状のマスク56が巻架されており、シート状マスク56には、1次元方向に複数の異なるマスクパターン50が並設されている。裏側のシート材56には、レーザ光が通過できるように長孔57形成されている。

【0069】したがって、この場合は、モータMTを回転駆動してシート材56をX方向にスライド移動させることで、所望のマスクパターンがレーザ照射位置上に位置するようにする。

【0070】なお、図9及び図10に示したビーム成形用マスクを先の図6に示した第3実施例に適用するようにしてもよい。

【0071】なお、この図10に示したシート状マスクを用いる場合は、図8に示した構成において、可動式ベンダーミラーM2、M4、M6および可動式結像レンズLa~Lcをスライド移動可能にする必要はない。

【0072】なお、前述した各実施例においては、加工サイクル数 $n$ を設定し、この加工サイクル数 $n$ の加工が終了するとレーザ加工を終了するようにしたが、1つの加工箇所の切断に要するトータルのショット数 $Q_t$ を予め設定し、各加工箇所においてレーザショット数の延べの計数値がこの設定ショット数値 $Q_t$ に達すると、当該加工箇所でのレーザ切断を自動的に終了させるようにしてもよい。

【0073】また、上記実施例では、1つの加工箇所でのレーザショット数が設定値 $q_c$ に到達すると、その後他の全ての加工箇所でのレーザ照射を順次実行した後、当該加工箇所でのレーザ照射を再開させるようにしたが、このレーザ照射の順番は任意である。要は、1つの加工箇所において、或るサイクルでの連続レーザ照射と次のサイクルでのレーザ照射の間に、他の加工箇所でのレーザ照射を少なくとも1回挿入するようにすればよい

のである。

【0074】ところで、上記実施例では、パルスレーザのレーザショット数によって1つの加工箇所での1回当たりの連続照射時間を制限するようにしたが、1つの加工箇所での1回当たりの連続照射時間 $T_c$ を予め設定し、各加工箇所でのレーザ照射の際に、連続照射時間を実際に計時し、該計時した連続照射時間と前記設定時間 $T_c$ を比較することによってレーザ照射時間を制限するようにしてもよい。

【0075】また、連続照射時間 $T_c$ によって1つの加工箇所での1回当たりのレーザ照射を制限するようにすれば、パルスレーザ光だけでなく連続光レーザにも本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例を示す図。

【図2】第1実施例によるレーザ加工動作を示すタイムチャート。

【図3】第1実施例によるレーザ加工動作を示すフローチャート。

【図4】第1実施例によるレーザ加工動作を示すタイムチャート。

【図5】この発明の第2実施例を示す図。

【図6】この発明の第3実施例を示す図。

【図7】第3実施例によるレーザ加工動作を示すフローチャート。

【図8】この発明の第4実施例を示す図。

【図9】第4実施例で用いるビーム成形用マスクを示す図。

【図10】第4実施例で用いるビーム成形用マスクの変形例を示す図。

【符号の説明】

1…レーザ発振器 2…シャッタ 3…ビームスプリッタ

4…レーザ出力センサ 5…レーザ光スキャナ

10…ワーク 11…移動ステージ 20…制御部

30…F $\theta$ レンズ 40…偏向ミラー 41…レンズ

M1~M6…スキャナミラー MK…ビーム成形用マスク

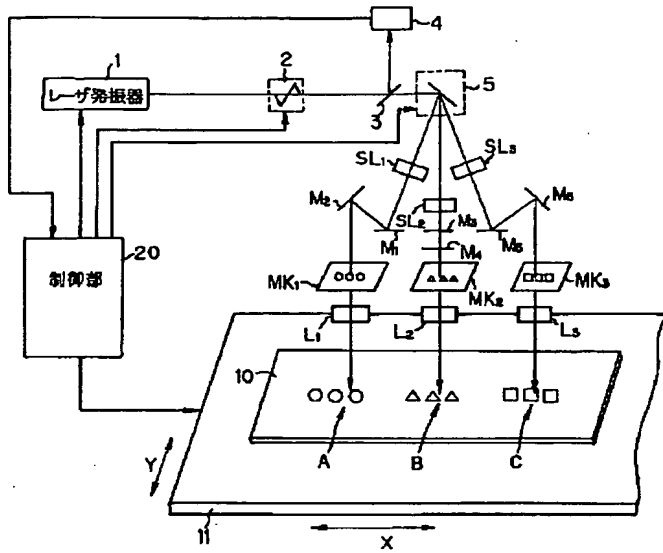
L1~L3、La~Lc…レンズ MT…モータ

50…マスクパターン 52…エンコーダ

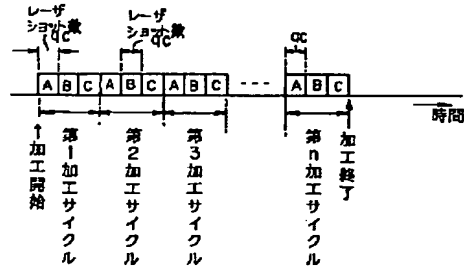
54…ドライブローラ 55…テンションローラ



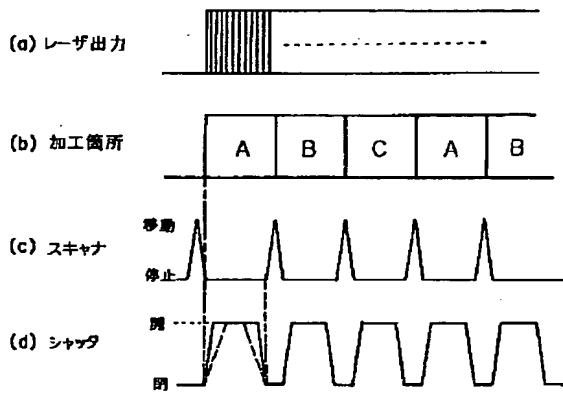
【図1】



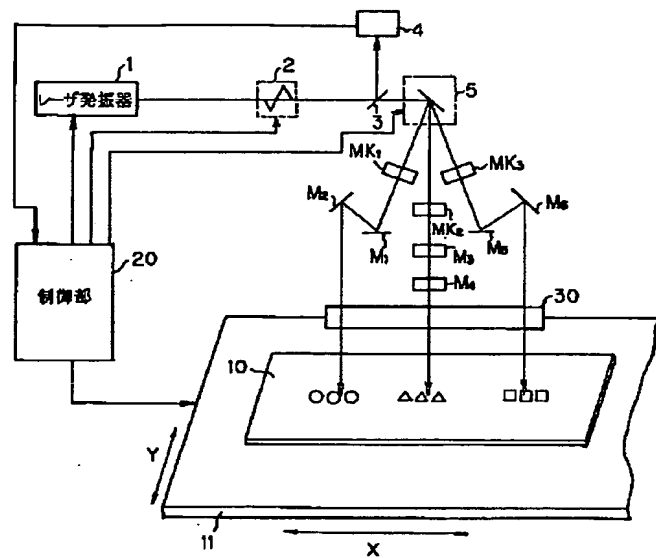
【図2】



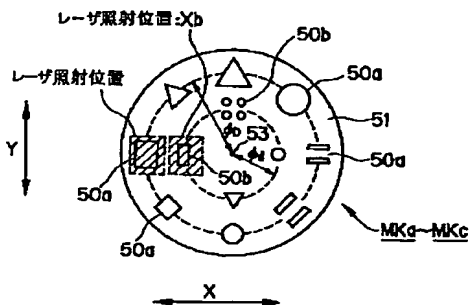
【図4】



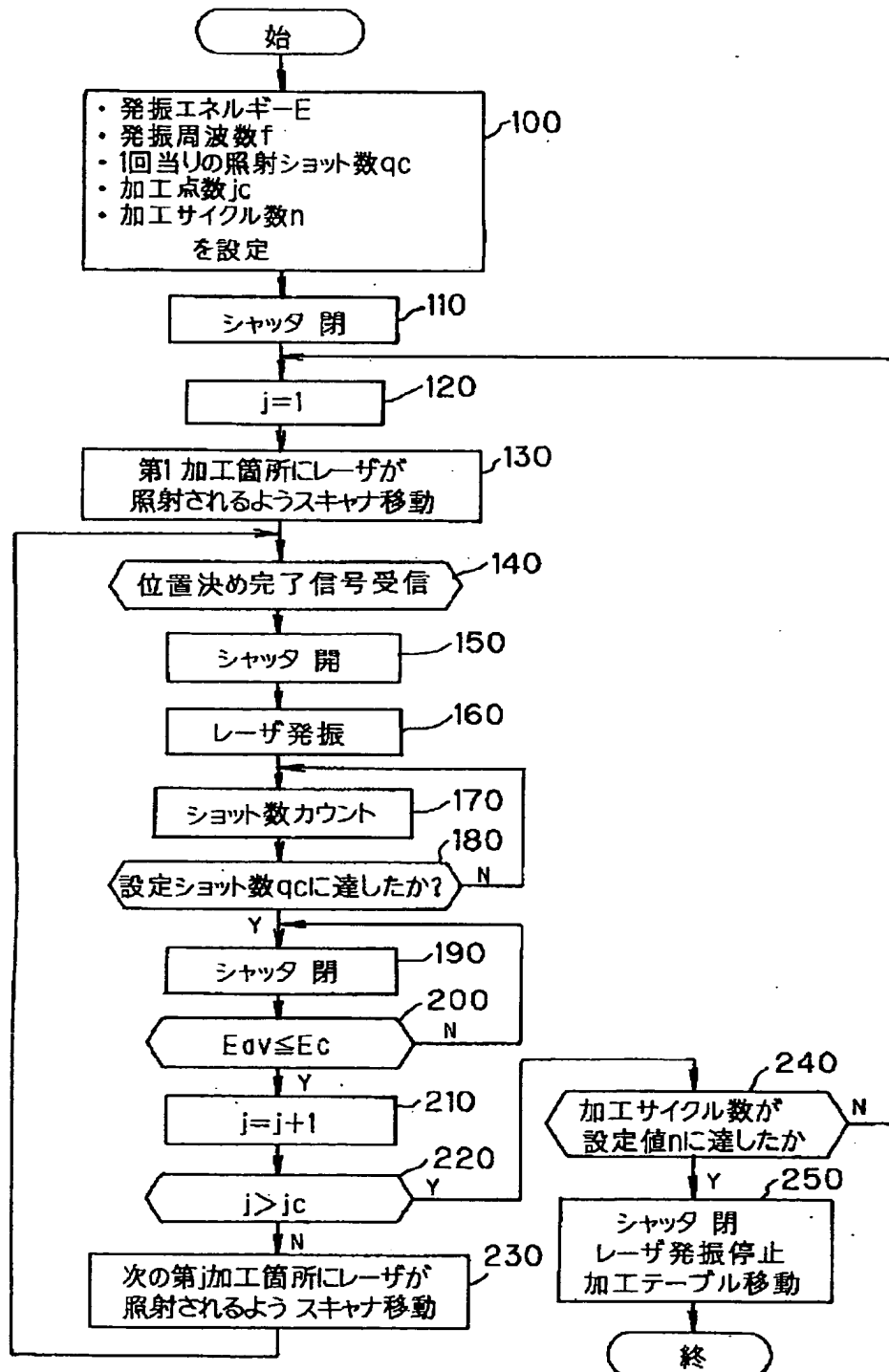
【図5】



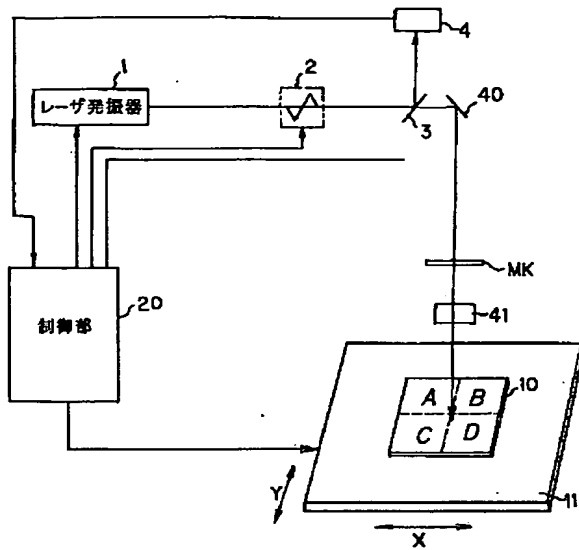
【図9】



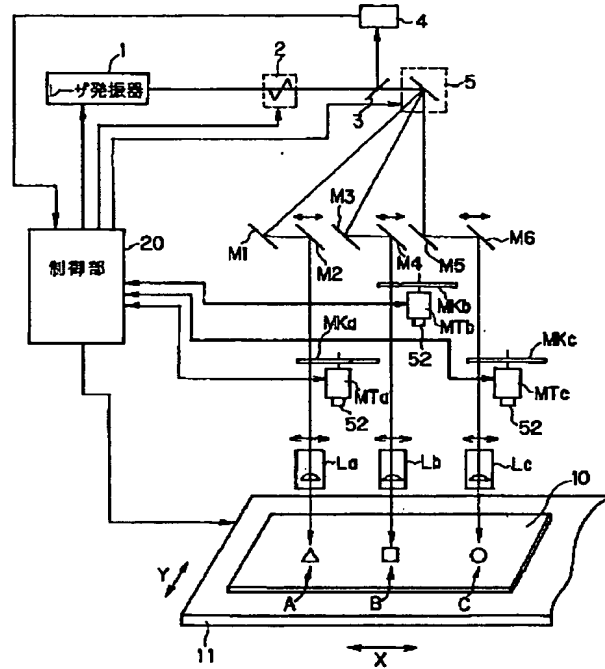
【図3】



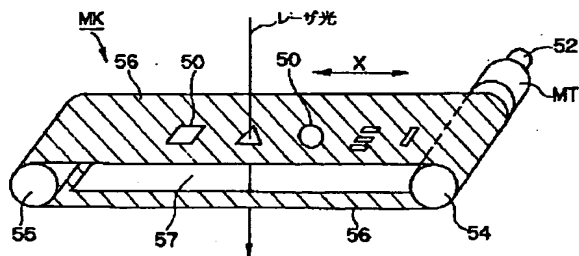
【図6】



【図8】



【図10】



【図7】

